

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 7

Campinas, Maio de 1947

N.º 5

Sumário

Estudo preliminar do sistema água-solo-
-planta no Estado de São Paulo

J. E. de Paiva Neto

e
W. De Jorge

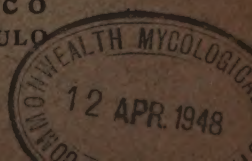
Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo
DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO VEGETAL

Divisão de Experimentação e Pesquisas

Instituto Agronômico

CAMPINAS — ESTADO DE SÃO PAULO

1947



DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO VEGETAL

DIRETOR GERAL: — Teodoreto de Camargo

DIVISÃO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISAS

(Instituto Agrônômico)

DIRETOR EFETIVO: — F. Febeliano da Costa Filho

DIRETOR EM EXERCÍCIO: — Ismar Ramos

SUBDIVISÕES

SUBDIVISÃO DE GENÉTICA: — C. A. Krug.

Secção de Genética: — Carlos A. Krug, Alvaro Santos Costa, Luiz Aristêo Nucci, Célio S. Novais Antunes, Luiz Paoliéri, Hermindo Antunes Filho, Mário Januzzi Púrchio.

Secção de Citologia: — A. J. T. Mendes, Cândida Helena Teixeira Mendes, Dixier Marozzi.

Secção de Introdução de Plantas Cultivadas: — Alcides Carvalho.

SUBDIVISÃO DE HORTICULTURA: — Sílvio Moreira.

Secção de Citricultura e Plantas Tropicais: — Sílvio Moreira, João Ferreira da Cunha, Otávio Galli, Flávio Girão de Carvalho.

Secção de Olericultura e Floricultura: — Olímpio de Toledo Prado, Helmut Paulo Krug, Leocádio de Sousa Camargo, Sebastião Alves.

Secção de Viticultura e Frutas de Clima Temperado: — José R. Almeida Santos Neto, José Soubihe Sobrinho, Orlándero Rigitano, Odete Zardeto de Toledo, P. V. C. Bittencourt.

SUBDIVISÃO DE PLANTAS TÊXTEIS: — Osvaldo da Silveira Neves.

Secção de Algodão: — Osvaldo da Silveira Neves, Valter Schmidt, Heitor de Castro Aguiar, Edmur Seixas Martineli.

Secção de Plantas Fibrosas Diversas: — Júlio César Medina, Francisco Alves Correia, Francisco José Ferreira Rosa.

SUBDIVISÃO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS: — Valter Lazzarini.

BRAGANTIA

Assinatura anual Cr \$ 50,00.

Para agrônomos 50% de abatimento.

Tôda correspondência deve ser dirigida à Redação de BRAGANTIA — Caixa Postal, 28.
CAMPINAS — Est. de São Paulo — BRASIL.

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRÔNOMICO

Vol. 7

Campinas, Maio de 1947

N.º 5

ESTUDO PRELIMINAR DO SISTEMA ÁGUA-SOLO-PLANTA NO ESTADO DE SÃO PAULO

J. E. de Paiva Neto

e

W. De Jorge

Este pequeno trabalho tem dois objetivos: o primeiro é apresentar alguns resultados obtidos em laboratório, a respeito do sistema água-solo-planta no Estado de São Paulo; o segundo é fornecer os processos de determinação dos dados físicos, referentes ao sistema água-solo-planta, que são utilizados nos laboratórios de física do solo, da Secção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas.

CONVENÇÕES E FATORES

- 1) T F S A, significa terra fina seca ao ar.
- 2) Estufa, subentende-se sempre em faixa térmica 105°-110°C.
- 3) T F S E, é terra fina seca na estufa até constância de peso.

Trabalhamos com peso de T F S A, e referimos os dados físicos obtidos, a peso de T F S E, ou a volume de solo ao natural, assim:

- 4) % peso, significa percentagem relativa a peso de T F S E.
- 5) % volume, vem a ser percentagem relativa a volume de solo ao natural.

Os fatores usados são:

6) f, fator peso, pelo qual multiplicamos os dados físicos obtidos percentualmente em peso de T F S A, para referi-los a % peso.

$$f = \frac{100}{100-W}$$

Cálculo de W : (Umidade higroscópica)

Levamos 20 gramas de T F S A à estufa e obtemos (20-d) gramas de T F S E :

$$W \% \text{ em pêso de T F S A} = 5 . d$$

7) f' , fator volume, pelo qual multiplicamos os dados físicos obtidos percentualmente em pêso de T F S A, para referí-los a $\%$ volume.

$$f' = f . s'$$

Cálculo de s' : (massa específica aparente) .

Levamos 100 cm^3 de solo ao natural à estufa e obtemos x gramas de solo sêco.

$$s' = \frac{x}{100}$$

PRIMEIRAS CONSIDERAÇÕES

Quando do estudo do sistema água-solo-planta, feito num laboratório de física do solo cuja finalidade precípua é o levantamento de dados de importância prática, que irão constituir um requisito prévio de aprovação de um projeto de irrigação, drenagem, etc., aceitamos que **o solo (ou sua terra fina)** quando sêco na estufa não contém água.

As nossas observações e pesquisas sôbre o sistema água-solo-planta têm como guia fundamental a Umidade de murchamento. Êste dado foi sugerido por Briggs e Shantz (4) e vem a ser a umidade que conserva o solo quando ocorre e se mantém o murchamento da planta.

Adiante mostraremos que a Umidade de murchamento (símbolo U.mu.) está em íntima correlação com a Umidade equivalente, valendo aquela 0,68 desta, para os solos do Estado de São Paulo.

Consideremos um solo (ou sua terra fina) sêco na estufa. Vamos umidecê-lo aos poucos, fazendo notar que, a determinados teores de água no solo, correspondem denominações especiais. Êstes teores de umidade são de interesse teórico e prático.

Começamos levando v.g. 20 gramas de T F S A à estufa e obtemos (20-d) gramas de T F S E. A percentagem de água que contém a T F S A chama-se Umidade higroscópica (símbolo W).

W varia com o solo, com a temperatura e com a umidade relativa do ar. Êste dado faz parte do fator pêso e aí está sua grande importância. A umidade higroscópica é função não decrescente da área específica do solo ; a constituição química dêste influi também naquela, razão pela qual nos parece uma empresa altamente temerária tentar uma expressão analítica para a referida função.

Levemos agora os 20 gramas de T F S A a um dessecador, no qual a umidade relativa seja 96,4% aproximadamente (o que se consegue com uma solução de $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 1,49 N), a terra ganha mais umidade até equilibrar-se com a do ambiente. Segundo Mitscherlich (9), com $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 10% consegue-

se um ambiente no qual o solo absorve umidade até anular-se o seu calor de umedecimento. Vageler, quando dirigia a Secção de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas, aconselhava uma solução a 7,3% de H_2SO_4 de acôrdo com Walter (13) para obter 50 atmosferas de pressão osmótica, considerando que a maioria das plantas cultivadas não têm fôrça de sucção superior a 50 at. Determinamos a higroscopicidade do solo com ácido sulfúrico 1,49 N. Essas modificações não têm importância a nosso ver desde que se faça sempre do mesmo modo. Keen (8) pondera a nosso favor... "the hygroscopic coefficient has no real existence, and that even if it had, the experimental measurement would be impracticable". Consideramos convencional qualquer fixação de umidade ambiente para determinação da higroscopicidade do solo e definímo-la como sendo a percentagem de água que o solo é capaz de absorver, quando colocado num dessecador contendo no fundo 200 cm^3 de H_2SO_4 1,49 N.

A higroscopicidade do solo (símbolo Hy) é função não decrescente da área específica do solo e varia também com a sua constituição química. Os solos arenosos, sôltos, permeáveis, têm baixo Hy; o contrário acontece com os solos argilosos, compactos, impermeáveis. As tabelas 3, 4 e 5 discutem outros pontos importantes sobre a higroscopicidade.

Para os solos do Estado temos sempre $Hy < U.mu.$ e como é sempre $W < Hy$ escrevemos:

$$W \subset Hy \subset U.mu.$$

O sinal \subset deve ser lido, está contido, e, quando usarmos \supset deve ser lido, contém.

Com esta notação matemática queremos deixar bem claro que:

- a) a umidade higroscópica (W) e a higroscopicidade (Hy) são teores de umidade que as plantas em geral não utilizam.
- b) atribuímos a uma só categoria de fôrças (as fôrças capilares) a retenção de água pelo solo.

Passemos a outro dado, introduzido por Briggs e Me Lane (2, 3), a Umidade equivalente (símbolo U. Eq.) ou água equivalente (moisture equivalent). Este dado é a percentagem de água que conserva o solo (préviamente saturado com água) quando sujeito a uma aceleração centrífuga igual a 1000 gravidades.

Obtivemos sempre:

$$U.Eq. \supset U.mu. \supset Hy \supset W.$$

O processo original da determinação da U.Eq. (2, 3) foi modificado por nós em alguns detalhes, mas as diferenças que se obtêm empregando com rigor o processo original são insignificantes.

A tabela 1 mostra a íntima correlação que há entre a Umidade equivalente e a Umidade de murchamento:

$$U.mu. \% = 0,68 \quad U.Eq. \%$$

Partimos da T F S E e vimos acrescentando água aos poucos, obtendo W, Hy, U.mu. e U.Eq.

Obtemos também outro dado, a água capilar máxima (símbolo A), quantidade máxima de água que um solo pode reter. Temos sempre $A \supset U.Eq.$, logo,

$$A \supset U.Eq. \supset U.mu. \supset Hy. \supset W.$$

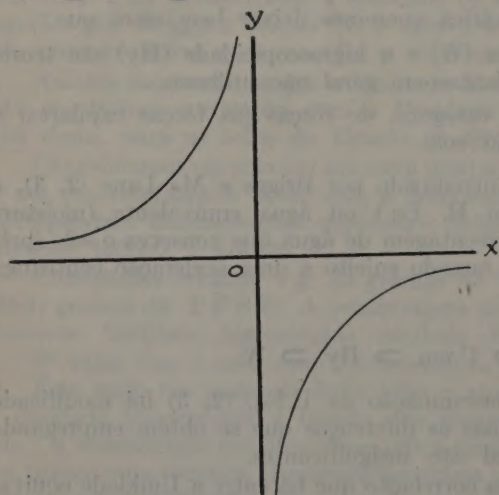
Concluimos que o máximo de água que um solo pode reter é A, e o mínimo é W.

Ao determinarmos a água capilar máxima de um solo, obtemos simultaneamente outros dados, que podem orientar as práticas de irrigação e drenagem :

- 1) ascensão capilar máxima, h_T , dada em milímetros ; é a maior distância que a água pode vencer num dado solo ;
- 2) velocidade máxima de ascensão capilar, V_h , dada em mm/hora ; é maior velocidade que pode ter a água no solo ;
- 3) altura máxima de água absorvida, H_T , dada em milímetros ; é a altura da camada de água capaz de ser absorvida pelo solo ;
- 4) velocidade máxima de absorção, V_H , dada em mm/hora ; é a maior velocidade com que a água pode ser absorvida pelo solo.

Antes de expor os processos de determinação dos dados a que já nos referimos, faremos algumas considerações sobre a equação $y = \frac{xT}{x + qT}$.

Quando, na natureza, um processo caminha para um valor final, ele segue, segundo Vageler (5, 10), a equação citada.



$$xy = -K$$

fig. 1

O uso desta equação especialmente no estudo da adsorção pela fração coloidal do solo é feito desde 1859 por Th. G. O. Wolff segundo Albareda (1).

1) A equação $y = \frac{xT}{x + qT}$ resulta da seguinte $x^2 - y^2 = a^2$ que é a equação da hipérbole equilátera, na qual se faz uma rotação e uma translação conveniente de eixos, procurando uma curva teórica que mais se aproxime da curva gráfica obtida com os dados experimentais.

Faz-se uma rotação de 45° obtendo a hipérbole equilátera referida às assíntotas :

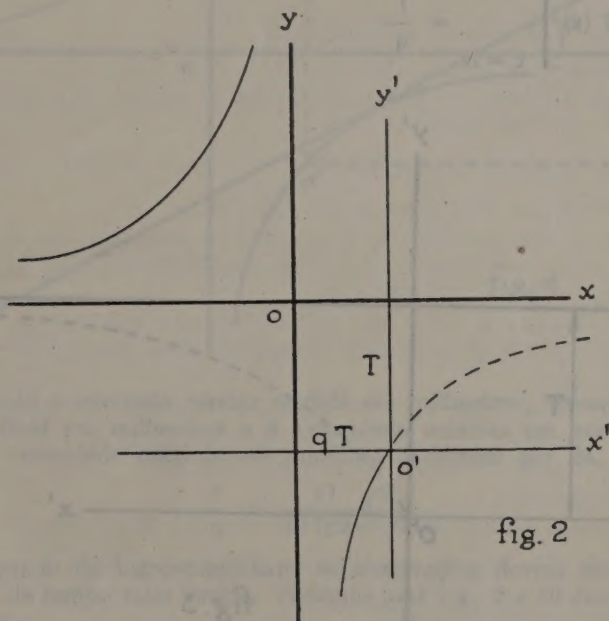
$$xy = -a^2$$

Fazendo $a^2 = K$ (constante) teremos $xy = -K$. (fig. 1).

Como os fenômenos a serem estudados caminham para um valor final v.g. T , é preciso, para adaptar a curva ao fenômeno, fazer uma translação de eixos que forneça o valor T para y , quando x tender ao infinito.

Basta (figs. 2 e 3) fazer uma translação de eixos para a nova origem O' ($x + qT$, $-T$). Feita ela, teremos:

$$(x + qT)(y - T) = -K$$



Como $xy = -K$, vemos, (fig. 2) que $xy = -K = -qT^2$ e temos, finalmente,

$$y = \frac{xT}{x + qT}$$

Só nos interessam valores de x não negativos, razão pela qual, quando falarmos **curva**, fica subentendido que nos referimos somente à porção interrompida do ramo inferior da curva em sentido lato (fig. 2).

2) Para fixar as idéias, seja o caso da ascensão capilar. Quando do estudo dêste fenômeno, toma-se nota da ascensão em tempos diferentes. No eixo real representamos os tempos, e no eixo imaginário as respectivas ascensões. Temos neste caso:

$$y = \frac{xT}{x + qT} = f(x) \quad \text{onde,}$$

- a) x é o tempo ;
 b) y é a ascensão ;
 c) T é o valor final da ascensão, pois, $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = T$;
 d) $\frac{1}{q}$ é a velocidade máxima de ascensão capilar, pois,

$$\left[\frac{d}{dx} f(x) \right]_{x=0} = \frac{1}{q}$$

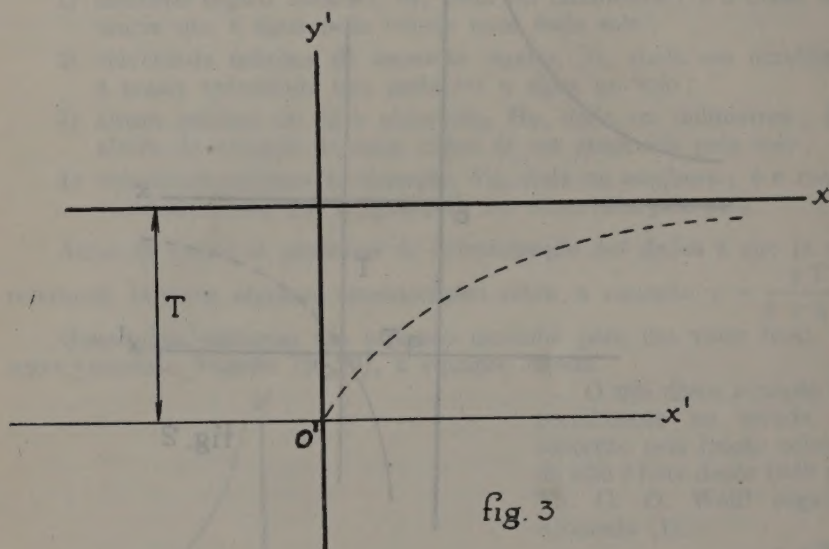


fig. 3

A fig. 4 mostra que o valor final é função direta da velocidade máxima de ascensão capilar.

3) É importante calcular T (o valor final v. g. da ascensão capilar) mediante duas leituras feitas, e, também mediante as mesmas duas leituras, avaliar $\frac{1}{q}$ (velocidade máxima da ascensão capilar v. g.).

Sejam duas leituras y_1 e y_2 , a primeira no fim de 1 dia, ($x_1 = 1$) e a segunda após 5 dias, ($x_2 = 5$).

$$T = \frac{4 y_1 y_2}{5 y_1 - y_2}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{4 y_1 y_2}{5 (y_2 - y_1)}$$

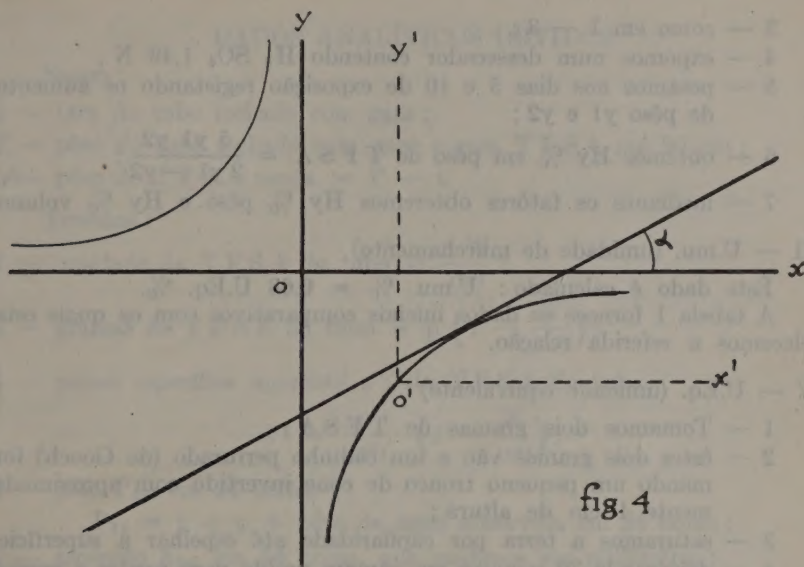


fig. 4

Supondo a ascensão capilar medida em milímetros, teremos acima a ascensão final em milímetros e a velocidade máxima em mm/dia. Para termos a velocidade máxima em mm/hora dividimos por 24, e vem,

$$\frac{1}{q} = \frac{y_1 \ y_2}{30 (y_2 - y_1)}$$

No estudo da higroscopicidade, as observações devem ser feitas em intervalos de tempo mais longos. Podemos usar v.g., 5 e 10 dias. Teremos neste caso :

$$T = \frac{y_1 \ y_2}{2 y_1 - y_2} \quad \frac{1}{q} = \frac{y_1 \ y_2}{10 (y_2 - y_1)}$$

PROCESSOS DE DETERMINAÇÃO DOS DADOS

I — W (umidade higroscópica)

- 1 — Tomamos 20 g de T F S A numa caixa de Petri tarada ;
- 2 — levámo-la à estufa e obtemos (20 - d) g de T F S E ;
- 3 — resfriámo-la num dessecador e pesamos.

$$5 \cdot d = W \% \text{ em péso de T F S A.}$$

II — Hy (higroscopicidade)

- 1 — Como em I — 1 ;
- 2 — como em I — 2 ;

- 3 — como em I — 3 ;
- 4 — expomos num dessecador contendo $H_2 SO_4$ 1,49 N ;
- 5 — pesamos nos dias 5 e 10 de exposição registrando os aumentos de pêso y_1 e y_2 ;
- 6 — obtemos $Hy \%$ em pêso de TFSA = $\frac{5 y_1 y_2}{2 y_1 - y_2}$;
- 7 — mediante os fatôres obteremos $Hy \%$ pêso e $Hy \%$ volume.

III — U.mu. (umidade de murchamento)

Êste dado é calculado : U.mu. $\%$ = 0,68 U.Eq. $\%$.

A tabela 1 fornece os dados iniciais comparativos com os quais estabelecemos a referida relação.

IV — U.Eq. (umidade equivalente)

- 1 — Tomamos dois gramas de TFSA ;
- 2 — êstes dois gramas vão a um cadinho perfurado (de Gooch) formando um pequeno tronco de cone invertido com aproximadamente 1 cm de altura ;
- 3 — saturamos a terra por capilaridade até espelhar a superfície ;
- 4 — deixámo-la 30 minutos em câmara úmida para perder o excesso de água ;
- 5 — centrifugámo-la a 1000 gravidades durante 30 minutos ;
- 6 — pesámo-la ;
- 7 — levámo-la à estufa para obter TFSE ;
- 8 — pesámo-la ;
- 9 — obtida a diferença d entre as duas pesagens, temos :

U. Eq. $\%$ em pêso de TFSA = 50 d

V — A (água capilar máxima)

Na sua determinação obteremos simultâneamente outros dados sôbre os quais já nos referimos. Trabalhamos com tubos de vidro especial conhecidos por tubos de bomba, com 100 cm de comprimento e 1 cm de raio.

A balança usada por nós é sensível a um grama.

- 1 — Fechamos com gaze uma extremidade do tubo ;
- 2 — taramos o conjunto, tubo com a gaze ;
- 3 — enchemos o tubo com TFSA até v. g. 90 cm ;
- 4 — pesamos o conjunto, tubo com a gaze e TFSA ;
- 5 — pomos para embebição marcando dia e hora ;
- 6 — 24 horas depois, pesamos e medimos em milímetros a ascensão alcançada ;
- 7 — 120 horas depois, como em 6.

Nota. — Acontece muito raramente a ascensão alcançar em 120 horas os 90 cm de TFSA usados ; é preciso neste caso repetir a experiência fazendo as duas leituras em intervalos de tempo mais curtos.

DADOS ANALÍTICOS OBTIDOS

Sejam :

t — tara do tubo fechado com gaze ;

P — pêso do tubo fechado com gaze e com TFSA até 90 cm ;

pê — pêso de TFSA usada = P — t.

Teremos :

1 — umidade da TFSA do tubo = $\frac{p}{100} \frac{W}{100}$;

2 — gramas de TFSE no tubo = $p \left(1 - \frac{W}{100} \right)$;

3 — massa específica aparente s'' , da TFSA do tubo,

$$s'' = \frac{p}{\pi 90} \left(1 - \frac{W}{100} \right) ;$$

4 — pêso P_{24} , em 24 horas,

$$P_{24} = t + p + \text{pêso de água absorvida em 24 horas} ;$$

5 — ascensão h_{24} , em 24 horas, que medimos em milímetros ;

6 — pêso P_{120} , em 120 horas ;

7 — ascensão h_{120} , em 120 horas ;

8 — pêso A_{24} , de água absorvida em 24 horas,

$$A_{24} = P_{24} - P ;$$

9 — pêso A_{120} , de água absorvida em 120 horas,

$$A_{120} = P_{120} - P ;$$

10 — gramas de TFSA molhada em 24 horas,

$$\frac{p}{900} \cdot h_{24} ;$$

11 — gramas de água absorvida percentualmente em pêso de TFSA em 24 horas,

$$\frac{100 \cdot A_{24}}{\frac{p}{900} \cdot h_{24}} ;$$

12 — gramas de TFSA molhada em 120 horas,

$$\frac{p}{900} \cdot h_{120}$$

13 — gramas de água absorvida percentualmente em pêso de TFSA em 120 horas,

$$\frac{100 \cdot A_{120}}{\frac{p}{900} \cdot h_{120}}$$

DADOS DEFINITIVOS QUE REGISTAMOS

1 — Ascensão capilar final, em milímetros,

$$h_T = \frac{4 h_{24} h_{120}}{5 h_{24} - h_{120}};$$

2 — velocidade máxima de ascensão capilar, em mm/hora,

$$V_h = \frac{h_{24} h_{120}}{30 (h_{120} - h_{24})};$$

3 — altura máxima de água absorvida, em milímetros,

$$H_T = \frac{4 H_{24} \cdot H_{120}}{5 H_{24} - H_{120}},$$

onde, H_{24} é a altura, em milímetros da camada de água que o solo absorve em 24 horas, e vale $3,183 A_{24}$, sendo que H_{120} tem valor análogo;

4 — velocidade máxima de absorção de água, em mm/hora,

$$V_H = \frac{H_{24} \cdot H_{120}}{30 (H_{120} - H_{24})};$$

5 — água capilar máxima, ou, capacidade máxima de retenção de água,

$$A \% \text{ em peso de T F S A} = \frac{100 A_{120}}{\frac{p}{900} \cdot h_{120}}.$$

Este dado, como se vê, nós o identificamos com o número de gramas de água absorvida percentualmente em T F S A em 120 horas.

OBSERVAÇÕES FINAIS

A tabela 2 fornece alguns dados de água referentes aos grandes tipos de solo do Estado de São Paulo.

Depois da tabela 5 estampamos um diagrama volumétrico físico, que esclarece como registamos, finalmente, por cento em volume, os seguintes dados:

- 1.º) Hy, U.Eq. e A que devem ser lidos a partir do zero até a linha limite à direita;
- 2.º) Argila, areia fina mais limo, areia grossa, seixos, pedras e ar, cujas respectivas percentagens são dadas pelo segmento de reta determinado no lado superior do retângulo pelas linhas limites.

O diagrama apresentado é de um perfil típico de terra roxa legítima, procedente da Estação Experimental de Ribeirão Preto. É um perfil de solo autoctone, retirado em local de derrubada recente.

Acompanha este trabalho um mapa do Estado de São Paulo que exhibe os grandes tipos de solo do Estado. Chamamos de grandes tipos de solo do Estado, os vários solos, originários das diferentes formações geológicas,

reunidas, às vêzes, segundo certos critérios que passamos a esclarecer: reunimos as formações Tatuí e Glacial sob a denominação de grande tipo Glacial, que se apresenta muito variável, e até o momento nos foi impossível, por falta de mapas litológicos, local satisfatoriamente as suas variações.

Na legenda da geologia aparece a formação geológica Caiuá, citada em trabalhos anteriores da nossa secção como Bauru inferior, que, em virtude de sua semelhança com a formação geológica Triássica, Arenito Botucatu, foi reunida a esta, formando o grande tipo de solo Arenito Botucatu.

Futuramente, quando fôr possível precisar as regiões arenosas do grande tipo Glacial, elas serão incluídas no grande tipo Arenito Botucatu, tal é a semelhança física e química desses tipos de solo.

Êstes arranjos têm por fim facilitar a visão de conjunto dos problemas de física do solo do Estado.

A região de Franca, Pedregulho etc. aparece como formação Bauru, por têmos considerado a classificação da comissão geológica, que é citada ao lado do mapa. É preciso êste esclarecimento, porque há muita divergência entre os geólogos quanto à geologia dessa região.

TABELA 1

AMOSTRAS DE SOLO	U.mu. % em pêso de T F S A	
	Observada	Calculada
1693 T	13,91	13,81
1694 T	18,50	17,82
1695 T	16,95	16,18
Faz. Mato Dentro 1	12,97	12,84
Faz. Mato Dentro 2	9,44	9,97
Faz. Mato Dentro 3	15,51	15,77
Perfil 499 a	15,40	16,73
Perfil 500 a	14,98	15,98
Perfil 501 a	12,13	12,10
Av. 512 a	4,10	4,30
Av. 512 b	6,40	6,50
Av. 512 a	4,00	4,20
Av. 512 b	7,60	7,20

Foram utilizadas as mais diferentes possíveis amostras de solo.

A U.mu. observada é fornecida pela Secção de Fisiologia Vegetal do Instituto Agronômico de Campinas (6), e a U.mu. calculada é obtida com a fórmula $U.mu. \% = 0,68 \text{ U.Eq. } \%$.

É preciso uma média de 20 dias para obter diretamente a umidade de murchamento de uma amostra de solo, ao passo que podemos determinar 30 U.Eq. em um só dia.

TABELA 2

Os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo	Campo mais frequente de variação dos dados			
	W. %	Hy. %	U.mu. %	U.Eq. %
1 — Arqueano.....	1 — 3	7 — 13	10 — 17	15 — 25
2 — Devoniano.....	2 — 3	7 — 11	10 — 14	15 — 20
3 — Glacial {	arenoso	0,5 — 1	2 — 4	3 — 5
	argiloso	2 — 3	8 — 15	10 — 17
4 — Corumbataí.....	2 — 4	5 — 12	10 — 17	15 — 25
5 — Terra roxa legítima	2 — 4	14 — 18	17 — 21	25 — 30
6 — Arenito Botucatu	0,2 — 1	1,5 — 3	2 — 4	3 — 6
7 — Terra roxa misturada...	1 — 3	6 — 12	7 — 14	10 — 20
8 — Arenito Bauru	0,4 — 1,2	2 — 5	4 — 5	6 — 8
9 — Terciário	1,5 — 2	6 — 10	8 — 14	12 — 20
10 — Baixadas	m. v.	m. v.	m. v.	m. v.

m. v. significa muito variável.

Fizemos 3120 determinações de U.Eq. e 1560 determinações de W e Hy.

A U.mu. é calculada, vale 0,68 U.Eq.

Os dados se referem ao solo arável, 0 — 40 cm.

TABELA 3

HORAS NA ESTUFA	Hy % pêsco	
	Perfil 257 a	Perfil 257 b
0	12,8	11,3
3	13,3	10,9
6	13,3	11,1
18	12,9	11,3
mais de 48	13,1	11,1

Vemos que o Hy do perfil 257 a — b não se alterou, fazendo variar o tempo de secagem na estufa, antes da exposição no dessecador com H_2SO_4 .

O perfil 257 é da Estação Experimental de Ribeirão Preto, onde a terra é roxa legítima, rica em colóides (gels de $\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$, principalmente) e que, por isso mesmo, poderia exibir variações na higroscopicidade, em virtude dos diferentes tempos de secagem antes da determinação.

Esta classe de experiências nos autoriza a obter ao mesmo tempo o W e o Hy, sem inconvenientes ; levando os 20 gramas de T F S A à estufa antes da exposição no dessecador.

TABELA 4

PERFIL	Trocáveis em ME por 100 g de T F S E	Hy % pêsos
400 a	35,050	15,7
b	11,902	17,1
c	9,301	16,1
d	7,205	15,4
e	5,167	17,6
406 a	27,060	16,4
b	9,272	18,0
c	6,793	17,1
d	5,763	17,1
e	4,413	18,2

TABELA 5

AMOSTRA DE SOLO	Hy % pêsos
Terra roxa legítima ao natural	16,0
Terra roxa legítima só com Ca adsorvido	16,5
Terra roxa legítima só com Mg adsorvido	17,1
Terra roxa legítima só com Ba adsorvido	16,3
Terra roxa legítima só com K adsorvido	17,3
Terra roxa legítima só com NH_4 adsorvido	16,6
Terra roxa legítima só com Na adsorvido	16,6
Terra roxa legítima só com H adsorvido	11,5

Vageler e Alten (11, 12) estabeleceram as seguintes fórmulas para o cálculo do Hy de solos ácidos em função dos iônios permutáveis :

$$\text{Hy} = 0,44 \left[T - 0,5 \left(\frac{\text{Ca}}{2} + \frac{\text{Mg}}{2} \right) - \frac{2}{3} \frac{\text{Al}}{3} \right]$$

Para solos não ácidos, os autores acima preconizam, segundo Eckstein, (7) a fórmula :

$$\text{Hy} = 0,44 \left(T - \frac{\frac{\text{Ca}}{2} + \frac{\text{Mg}}{2}}{2} \right)$$

As tabelas 4 e 5 mostram que estas fórmulas não se aplicam à nossa terra roxa legítima. De fato, a única variação importante do Hy se constata na terra roxa legítima que possui somente o H — catiônio adsorvido.

RESUMO

A retenção de **água** pelo solo se deve exclusivamente a forças capilares. Toda divisão da água do solo é convencional.

Quando se utiliza a equação $y = \frac{x T}{x + q T}$ no estudo de processos que têm para um valor final, a velocidade do fenômeno é dada por $\frac{1}{q}$.

É possível calcular para os solos do Estado de São Paulo a Unidade de murchamento por meio da Unidade equivalente.

$$\text{U. mu.} = 0,68 \text{ U.Eq.}$$

Não se pode, em geral, aplicar com sucesso as fórmulas de Vageler e Alten para o cálculo do Hy em função dos trocáveis.

O Hy do solo não se altera fazendo variar o tempo de secagem na estufa (105° — 110° C) antes da determinação.

Os valores máximos dos dados referentes à água do solo foram encontrados na **terra roxa legítima** e os mínimos no Arenito Botucatu.

S U M M A R Y

The retention of **moisture** by soil is conditioned exclusively by capillary forces.

Any division of soil water is merely conventional. Using the formula $y = \frac{x T}{x + q T}$ to compute the final value of a process, it is important to note that the velocity of the phenomenon is given by $\frac{1}{q}$. For the major soil types of the State of São Paulo it is possible to calculate the wilting point by means of the moisture equivalent using the formula $\text{Wp.} = 0,68 \text{ M.Eq.}$

In general, the formulae of Vageler and Alten for computing hygroscopicity by means of exchangeable-ions are inadequate.

Different periods of exposure of soils to temperatures of 105° — 110°C. before determinations are made do not exert a pronounced influence on hygroscopicity.

The highest values for water-holding capacity were obtained in the **terra roxa legítima** and the lowest in the Botucatu sandstone.

LITERATURA CITADA

1. Albareda, J. M. *Em El Suelo*, pág. 1-485, 1.^a ed., Madrid. Sociedad Anonima Española de Traductores y Autores, 1940.
2. Briggs, L. J. e J. W. Mc Lane. The moisture equivalent of soils. U. S. Dept. Agr. Bur. Soils. Bul. 45 : 1-23. 1907.
3. Briggs, L. J. e J. W. Mc Lane. Moisture equivalent determinations and their application. Proc. Am. Soc. Agron. 2 : 33-147. 1910.
4. Briggs, L. J. e H. L. Shantz. The Wilting coefficient for different plants and its indirect determination. U. S. Dept. Agric. Bul. 230 : 1-25. 1912.
5. Camargo, T. e P. Vageler. Análises de Solos, I — Analyse Physica, Bol. Tec. do Instituto Agronômico de Campinas 24 : 1-78. 1936.
6. Franco, C. M. e H. C. Mendes. Água inativa de alguns tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*. 7 : 129-132. 1947.
7. Eckstein, O. *Em Arbeiten Uber Kalidüngung*, pág. 1-477, 1.^a ed., Berlin, Verlagsgesellschaft für Ackerbau M. B. H., 1935.
8. Keen, B. A. *Em The Physical Properties of the Soil*, pág. 1-380, 1.^a ed., London, New York, Toronto. Longmans, Green and Co., 1931.
9. Mitscherlich, E. A. *Em Bodenkund*, pág. 1-359, 1.^a ed., Berlin, Pail Parey, 1905.
10. Vageler, P. *Em Der Kationen-und Wasserhaushalt des Mineralbodens*, pág. 1-316, 1.^a ed., Berlin, Julius Springer, 1932.
11. Vageler, P. e F. Alten. Böden des Nil und Gash IV. Zeitschrift f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 22 : 1-77. 1931.
12. Vageler, P. e F. Alten. Böden des Nil und Gash V e VI. Zeitschrift f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 23 : 1-189. 1932.
13. Walter, H. *Em Die Hydratur der Pflanze*, pág. 1-164, 1.^a ed., Jena, Gustav Fischer, 1931.

Departamento da Produção Vegetal
Divisão de Experimentação e Pesquisas (Instituto Agrônômico)
Secção de Agrogeologia

FÍSICA DO SOLO

PERFIL Nº

CAMADAS: a-C

DIAGRAMA VOLUMÉTRICO

ESTADO: São Paulo

MUNICÍPIO: Ribeirão Preto

LOCALIDADE: Est. Experimental

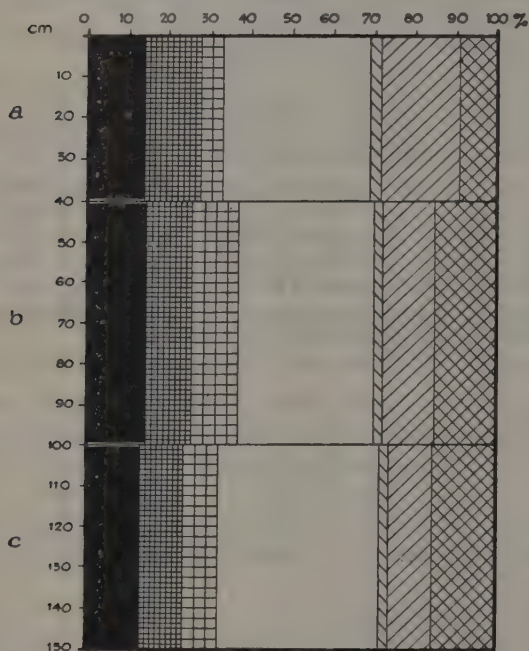
ALTITUDE: 701,2 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Botucatu

ROCHA MATER: Diabasio

VEGETAÇÃO: Cafezal

TIPO DO SOLO: Terra roxa legitima



Hy. nat.

Pedras

Seixos

Umidade eq.

Areia gr.

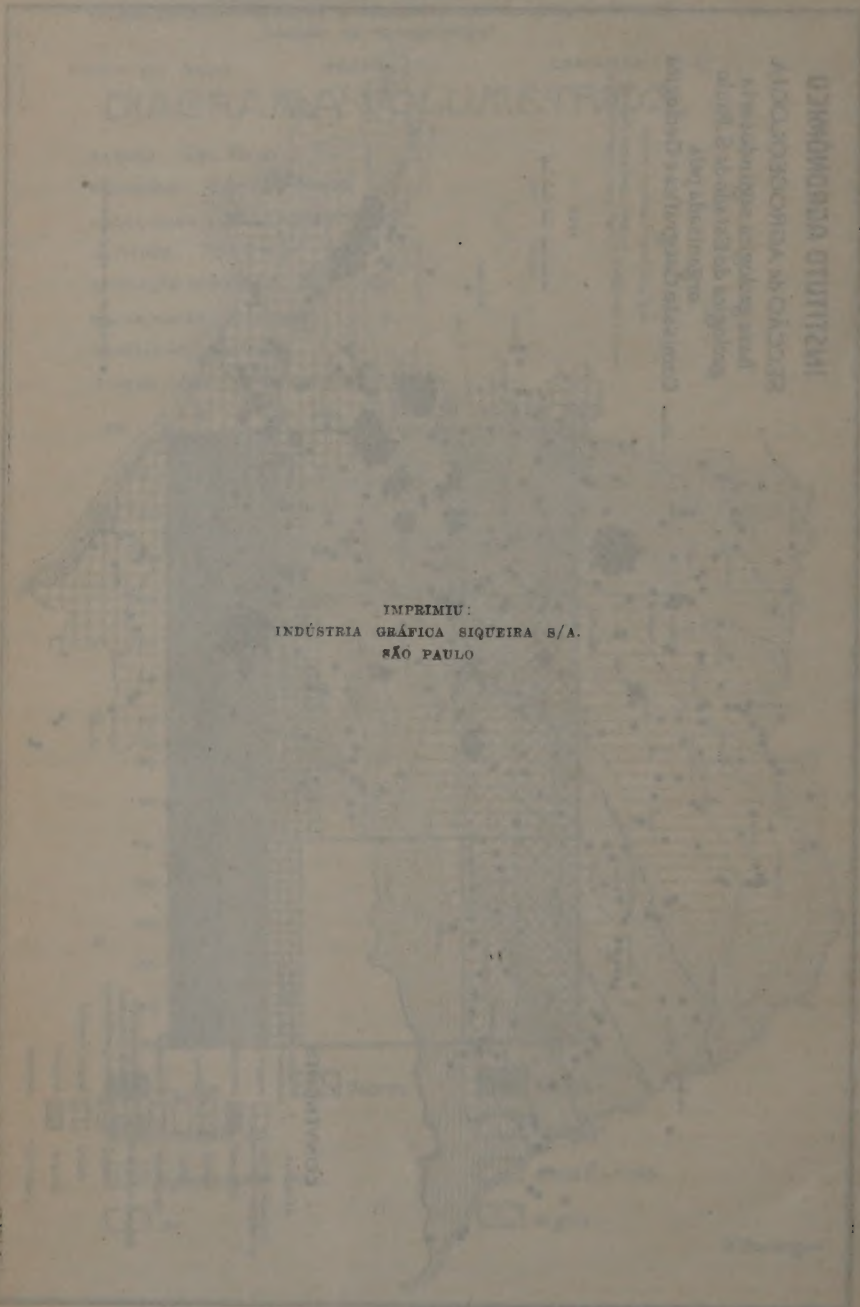
Água capilar max.

Areia f. + limo

Ar

Argila

F. Domingos



IMPRIMIU:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA S/A.
SÃO PAULO

SECCÕES TÉCNICAS

- Secção de Agrogeologia:** — J. E. Paiva Neto, Mário Seixas Queiroz, Marger Gutmans, Alcir César Nascimento, Alfredo Küpper, Renato Amilcare Catani, Francisco Costa Verdade, Herculano Pena Medina, Washington de Jorge, Alvaro Klinch, Mauro Toledo Piza.
- Secção de Botânica:** — Dalvo de Matos Dedeca.
- Secção de Café:** — José Estêvão Teixeira Mendes, Ferdinando Roberto Pupo de Moraes, Hélio José Scaranari, Mário Moreira Martins.
- Secção de Cana de Açúcar:** — J. M. de Aguirre Júnior, Ciro Côte Brilho, Joaquim Bento Rodrigues, Antônio Lazzarini Segala.
- Secção de Cereais e Leguminosas:** — Gláuco Pinto Viégas, Neme Abdo Neme, H. da Silva Miranda, Emílio Bruno Germek, Milton Alcovér, José Gomes da Silva, José Andrade Sobrinho.
- Secção de Conservação do Solo:** — J. Quintiliano de A. Marques, Francisco Grohmann, José Berton, F. Moacir Aires de Alencar.
- Secção de Entomologia:** — Jacob Bergamin, Luiz O. T. Mendes, Romeu de Tela.
- Secção de Fisiologia e Alimentação de Plantas:** — Coaraci Moraes Franco, Osvaldo Bacchi, Romeu Inforzato, Heli Camargo Mendes.
- Secção de Fitopatologia Aplicada:** — A. P. Viégas, Alcides Ribeiro Teixeira, Luiza Cardoso, Ciro Gonçalves Teixeira.
- Secção de Fumo, Plantas Inseticidas e Medicinais:** — Abelardo Rodrigues de Lima, Samuel Ribeiro dos Santos, Ademar Jacob.
- Secção de Oleaginosas:** — Pedro Teixeira Mendes, Otacílio Ferreira de Sousa, Vicente Canéccchio Filho, Antônio Castilho Rúbia, Eduardo Abramides.
- Secção de Química Mineral:** — João B. Correia Néri Sobrinho, Afonso de Sousa Gomide, Felício L. Serafini, José Anderson Neger, Isaura Mendes.
- Secção de Raízes e Tubérculos:** — Jorge Bierrenbach de Castro, Olavo J. Boock, Edgard S. Normanha, A. Pais de Camargo, Ataken S. Pereira.
- Secção de Tecnologia Agrícola:** — Augusto Frota de Sousa, José Pío Néri, Ari de Arruda Veiga, Eliseo Castanho de Andrade, José Arlindo de Araujo Pacheco.
- Secção de Técnica Experimental e Cálculos:** — Constantino Fraga Júnior, Armando Conagin.

ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

- Central de Campinas:** — Reinaldo Forster.
- Boracéia:** —
- Capão Bonito:** — Wilson Correia Ribas.
- Jaú:** — Hélio de Moraes.
- Jundiá:** — Euclides Palma Guião.
- Limeira:** — Clóvis Piza.
- Mococa:** — Mário Vieira de Moraes.
- Monte Alegre (Ibiti):** — Antônio Gentil Gomes.
- Pederneiras:** — Flávio Beltrame.
- Pindamonhangaba:** — Roberto Alves Rodrigues.
- Pindorama:** — João Aloisi Sobrinho.
- Piracicaba:** — Homero Correia de Arruda.
- Piraju:** — Joaquim Rodrigues Alves.
- Ribeirão Preto:** — O. Augusto Mamprim.
- Santa Rita do Passa Quatro:** — Guilherme A. Paiva Castro.
- S. Bento do Sapucaí:** —
- S. Roque:** — J. Seabra Inglês de Sousa.
- Sorocaba:** — José Moreira Sales.
- Tatuí:** — Domingos Marcondes Correia.
- Tietê:** — Vicente Gonçalves de Oliveira.
- Tupí:** — Argemiro Frota.
- Ubatuba:** —
- Campo de Demonstração de Fumo "Ricardo Azzi":** — Carlos Roessing.

